

Description



명세서

[도면의 간단한 설명]

제 1도는 발진 루프가 없는 종래의 광섬유 증폭기의 기본 구성도이다.

제 2도는 본 발명의 발진루프를 포함하는 이득 제어형 광섬유 증폭기의 기본 구성도이다.

제 3도는 본 발명의 발진루프를 구성하는 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터의 반사 및 투과 특성을 나타내는 그래프이다.

제 4도는 본 발명에 따른 발진루프의 기본 구성도이다.

제 5도는 에르븀 첨가 광섬유 증폭기에서 입력 신호광의 파워 변화에 따른 이득 변화를 나타내는 그래프이다. 제 6도는 에르븀 첨가 광섬유 증폭기에서 저속 변조된 광신호를 증폭시킨 경우의 출력 파형을 나타내는 사진 이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

101,104,202,205,402,403 : 광 아이솔레이터

102,204 : 파장분할 다중소자 103,203 : 펌프용 레이저 다이오드

206,404: 제1광섬유 결합기 201,401: 제2광섬유 결합기

207,405 : 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터 208 : 가변 광감쇄기 209,406 : 루프 경로

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 에르븀 첨가 광섬유 증폭기(erbium-doped fiber amplifier)의 이득을 광학적으로 제어하기 위한 발 진루프에 관한 것이다. 좀 더 구체적으로 본 발명은 에르븀 첨가 광섬유를 광이득 매질(optical gain medium)로 하는 에르븀 첨가 광섬유 증폭기(fiber amplifier)에서 증폭 이득을 입력 신호광 파워의 변화에 무관하게 일 정하게 유지 및 제어하기 위한 목적으로 신호광 출력단측에 하나의 광섬유 격자 또는 동일한 투과/반사 특성을 갖는 유전체형 박막 필터를 부착한 신규한 발진루프 구성에 관한 것이다.

일반적으로 에르븀 첨가 광섬유 증폭기는 1.55㎞파장 대역의 광통신에서 미약한 광신호를 직접 광증폭하여 큰 파워의 광신호 출력을 얻기 위한 것으로서, 통상적인 기본 구성은 제1도에 나타낸 바와 같다.

종래의 에르븀 첨가 광섬유 증폭기는 제1도에 나타낸 바와 같이, 광증폭 매질인 에르븀 첨가 광섬유와 첨가된 에르븀 이온을 여기(excitation)시키기 위한 광 펌프(pump)용 레이저 다이오드(laser diode, 103), 신호광 파장과 펌프광 파장의 빛을 각각 분리 또는 결합하기 위한 파장분할 다중소자(wavelength division multiplexer, 102), 그리고 순방향으로 진행하는 빛은 통과시키고 역방향으로 진행하는 빛은 차단하는 광 아이솔레이터 (optical isolator, 101, 104)등으로 구성되어 있다. 펌프용 레이저 다이오드로부터 펌프광이 파장분할 다중소자를 거쳐 에르븀 첨가 광섬유에 입사되면 광섬유 내의 에르븀 이온이 여기(excitation)되며, 입력 신호광이 에르븀 첨가 광섬유를 따라 진행하는 동안 여기된 에르븀 이온이 낮은 에너지 상태로 천이하면서 신호광의 증폭이 이루어진다. 따라서 종래의 에르븀 첨가 광섬유 증폭기에서는 일반적으로 입력 신호광의 파워가 증가하면 광섬유 증폭기의 이득은 감소하게 되며, 입력 신호광의 파워 레벨이 높을수록 입력 신호광의 파워에 대한 이득의 감소율은 더욱 커지게 된다.

한편, 파장분할 다중화(wavelength-division multiplexing)된 가입자(subscriber)용 광통신 시스템에서 여러 파장 채널의 신호광들이 함께 광섬유 증폭기로 입사되는 경우에 각 파장 채널들이 독립적으로 임의로 온-오프(ON-OFF)되는 경우를 가정한다면, 광섬유 증폭기의 입력 신호광 파워(모든 채널 신호광 파워의 합)레벨이 상당한 범위에 걸쳐 시간적으로 변화할 수 있으며, 이러한 경우에는 광섬유 증폭기의 이득이 채널들의 온-오프상태에 따라 상당한 범위에 걸쳐 흔들림이 있을 수 있다. 따라서 , 어느 특정 채널에 대한 증폭 이득이 다른 채널들의 온-오프에 따라 영향받게 되며, 이와 같은 이득의 불안정성은 전체 시스템의 운용에도 지장을 초래할수 있는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 한 가지 방법은, 광섬유 증폭기를 신호광 파장 이외의 특정 파장에서 발진시켜 일종의 레이저로 동작시킴으로써, 신호광 파장에 대한 광섬유 증폭기의 이득이 입력 신호광이나 펌프광의 파 워 레벨의 변화에도 불구하고 일정치에 묶여 안정화되도록 제어하는 것이다. 이와 같이 광섬유 증폭기를 레이 저로서 발진시키려면 귀환(feedback)구조를 형성해 주어야 하는데, 귀환 구조에는 원하는 특정 파장에서 발진 하도록 파장을 선택하는 기능의 소자와, 발진광이 증폭된 신호광과 함께 출력단으로 나가지 못하도록 발진광 파장의 빛은 차단하고 그 외의 신호광 파장 대역의 빛은 투과시키는 기능의 필터가 필요하다.

지론기불(M. Zirngible) 등 및 오카무라(H. Okamura)등은 광섬유 증폭기의 출력광의 일부를 입력단으로 귀환시키는 링 공진기(ring resonator)를 구성함으로써 광섬유 증폭기를 링 레이저 형태로 발진시켜 증폭 이득을 제어하는 방식을 제안하였다

[참조: M. Zirngible et al., Electron. Lett., 27:560(1991); 및 H. Okamura et al., Electron. Lett., 27:2155 (1991)]. 이 방식에서는 링을 이루는 발진 루프 내의 신호광 증폭경로에서 벗어난 부분에 가변형 광감쇄기 (variale optical attenuator)를 두어 발진광의 손실, 즉 레이저 공진기 손실을 변화시킴으로써 광성유 증폭기의

제어된 이득을 변화시킬 수 있었다. 그러나 이 방식은 단순 링 구조의 발진 루프로서 링 내부에 발진 파장을 선택하기 위한 광필터가 필요하며, 또한 출력단에서 발진광 성분을 차단하기 위한 또 다른 광필터가 필요하다. 또한, 델리베이퀴(E. Delevaque)등은 광섬유 증폭기를 발진시키기 위한 방법으로서 광섬유 증폭기의 입력단과 에르븀 첨가 광섬유의 출력단측 단면에 각각 광섬유 격자를 부착시켜 패브리-페로(Fabry-Perot)형 공진기를 구성하여 특정 파장에서 발진시키는 방식을 제안하였다

[참조:E. Delevaque et al., Electron. Lett., 29:1112(1993)],

광섬유 격자는 특정 파장에서 반사율이 큰 반사형 필터 소자로서 반사되지 않은 대부분의 빛은 손실 없이 투과 하는 특성을 가진다. 광섬유 격자는 외견상 일반 광섬유와 동일한 형태로서, 전송용 광섬유나 에르븀 첨가 광 섬유와의 접속이 용이하고 접속 손실이 매우 작으므로, 앞으로 저렴한 가격에 양산될 가능성이 있는 등 광통신 시스템 및 장치에서 매우 바람직한 소자 형태이다. 상기한 지른기불 및 오카무라 등의 방식에서는 링 내부에 투과형 필터만이 사용될 수 있으므로, 단순하고 간편한 광섬유 격자를 사용할 수 없다.

한편, 상기 델리베이퀴 방식은 광섬유 격자를 사용하여 발진 구조를 단순화시켰다는 이점은 있으나, 패브리-페로 발진 구조이므로, 광섬유 증폭기 내에서 발진광 경로와 신호광 증폭 경로가 일치하게 된다. 이러한 이득 제어형 광섬유 증폭기에서는 제어 이득의 조절을 위해 발진광 손실을 신호광 손실과 독립적으로 조절하는 것이 필요한 데, 이 방식에서는 발진광 경로와 신호광 경로가 일치하므로 제어 이득의 조절이 구조적으로 어려운 단점이 있다.

따라서, 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명자는 종래의 단순한 링 형태의 발진 루프 귀환 구조를 변형하여, 브라그 파장에서 최대 반사율을 가지며 그 외의 파장에서는 반사율이 거의 0인 반사특성을 갖는 광섬유 격자 또는 이 광섬유 격자와 동일한 투과/반사 특성을 갖는 유전체 박막 필터와 같은 반사형 필터를 단지 1개만 발진 루프의 신호광 출력단측에 부착하면, 하나의 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터가 발진 파장을 선택하는 기능과, 발진광이 증폭된 신호광과 함께 출력단으로 나가지 못하도록 발진광 파장의 빛은 차단하고 그 외의 신호광 파장 대역의 빛은 투과시키는 기능의 두 가지 기능을 동시에 수행할 수 있고, 또한 발진 루프의 손실을 조절함으로써 제어 이득을 변화시킬 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

결국 본 발명의 목적은 에르븀 첨가 광섬유 증폭기에서 증폭 이득을 입력 신호광 파워의 변화에 무관하게 일정하게 유지 및 제어할 수 있는, 에르븀 첨가 광섬유 증폭기의 단순화된 발진 루프를 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적 및 이점은 이하의 상세한 설명으로 부터 명백해질 것이다.

상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 이득 제어형 에르븀 첨가 광섬유 증폭기의 발진 루프는,

에르븀 첨가 광섬유;

상기 에르븀 첨가 광섬유에서 증폭된 자연방출광의 일부를 파장선택적으로 에르븀 첨가 광섬유로 귀환시키고, 발진광이 신호광과 함께 출력단으로 나오는 것을 차단하는 두 가지 기능을 동시에 수행하는 반사형 필터 수단; 상기 반사형 필터 수단에서 반사되어 뒤돌아 오는 발진광을 분할하는 신호광 출력단측의 제1광섬유 결합기; 루프 경로; 및.

상기 루프 경로를 따라 상기 반사형 필터 수단으로 부터 뒤돌아 온 발진광을 다시 에르븀 첨가 광섬유로 입사 시키기 위한 신호광 입력 단촉의 제2광섬유 결합기

를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 발진 루프에서는 상기 반사형 필터 수단이 신호광 출력단과 상기 제1광섬유 결합기 사이에 위치하고, 상기 제1광섬유 결합기와 제2광섬유 결합기는 상기 루프 경로에 의해 연결됨으로써 발진루프 구조가 이루어진다.

본 명세서에 있어서 에르븀 첨가 광섬유란 이득 매질로서 에르븀이 단독으로 첨가되거나 또는 에르븀을 주성 분으로 하고 여기에 소량의 다른 금속이 첨가된 광섬유를 의미한다.

본 발명의 발진루프를 구성하는 데에는 1개의 반사형 필터 수단만이 필요하며, 이러한 반사형 필터 수단으로 서는 광섬유 격자(fiber grating)또는 이 광섬유 격자와 동일한 파장 대역에서 동일한 반사 및 투과 특성을 갖는 유전체 박막 피러(dielectric thin film filter)가 사용될 수 있으며, 바람직하게는 광섬유 격자가 사용된다.

본 발명의 발진루프를 구성하는 상기 광섬유 격자는 광섬유 코어내의 굴절률이 광섬유의 축방향으로 주기적으로 변조되어 있는 광섬유 형태의 소자로서, 굴절률 변조 주기, 즉 격자 주기에 의해 결정되는 브라그(Bragg)파장(제3도에서 ***)에서 최대 반사율을 가지며, 그위의 파장에서 반사율이 거의 0인 반사 특성을 가진다.

본 발명에 따른 발진루프의 상기 루프 경로에는 루프 손실 조절수단을 포함할 수 있으며, 이 루프 손실 조절 수 단으로는 가변형 광감쇄기(variable optical attenuator)를 사용하거나, 가변형 광감쇄기를 사용하지 않고 상기 제1및 제2광섬유 결합기 중 어느 하나를 광파워 분할 비율을 변화시킬 수 있는 가변형 광섬유 결합기(tunable fiber coupler)를 사용할 수도 있다.

이하, 이득 제어형 에르븀 첨가 광섬유 증폭기에 사용되는 본 발명에 따른 발진 루프의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.

먼저, 본 발명의 발진루프를 포함하는 이득 제어형 에르븀 첨가 광섬유 증폭기의 기술적 원리를 제2도 내지 제 4도를 참조하여 설명한다.

제2도는 본 발명에 따른 발진루프를 포함하는 이득 제어형 에르븀 첨가 광섬유 증폭기의 기본 구성도이다. 제2도에 도시되어 있는 바와 같이 본 발명에 따른 발진 루프는 에르븀 첨가 광섬유 증폭기의 신호광 출력단측과 입력단측에 각각 제1광섬유 결합기(206) 및 제2광섬유 결합기(201)를 두었으며, 제2광섬유 결합기(201)의 3 번 광섬유 단말과 제1광섬유 결합기(206)의 3번 단말이 루프 손실 조절 수단인 가변 광감쇄기(208)를 통하여 루프 경로에 의해 연결되어 있는 형태로 구성된다.

또한, 신호광 출력단측의 제1광섬유 결합기(206)의 2번 단말에는 제3도에 나타낸 바와 같은 반사 및 투과 특

성을 갖는 반사형 필터인 광섬유 격자(207) 또는 이와 동일한 반사/투과 특성을 갖는 유전체 박막 필터가 연결 된다

제2도를 참조하여 신호광의 경로를 살펴보면, 입력 신호광이 입력단으로 입사하여 입력단측의 제2광섬유 결합기(201)와 광 아이슬레이터(202)를 거쳐 에르븀 첨가 광섬유로 입사된다. 에르븀 첨가 광섬유에서 중폭된 신호광은 또 다른 광 아이솔레이터(205)와 신호광 출력단측의 제1광섬유 결합기(206)을 거쳐 광섬유 격자(207)를 지나 출력단으로 나오게 된다. 광섬유 격자(207)는 브라그 파장 외의 신호광 파장에 대해서 높은 투과율을 가지므로, 광섬유 격자로 입사한 증폭된 신호광은 반사없이 대부분 출력단으로 나오게 된다.

한편, 에르븀 첨가 광섬유에서는 신호광만이 증폭되는 것이 아니라, 넓은 파장 대역에 걸쳐 발생하는 자연 방출광(spontaneous emission)도 함께 증폭되어 광섬유 격자(207)로 입사하게 된다. 증폭된 자연 방출광(ASE:amplified spontaneous emission)중에서 광섬유 격자의 브라그 파장과 일치하는 파장 성분은 광섬유격자에서 반사되어 에르븀 첨가 광섬유쪽으로 역류하게 된다. 반사광은 출력단측의 제1광섬유 결합기(206)에서 분할되는데, 1번 단말로 나가는 빛은 광 아이솔레이터에서 차단되며, 3번 단말로 나가는 빛은 제2도에 도시된 바와 같이, 연결된 루프 경로를 따라 가변 광감쇄기(208)를 거쳐 입력단측의 제2광섬유 결합기(201)의 3번단말을 통해 들어가 2번 단말로 나온 후 에르븀 첨가 광섬유로 입사되어 다시 증폭되며, 이러한 과정이 반복된다.

따라서 증폭된 자연 방출광 중 광섬유 격자의 브라그 파장 성분은 루프 경로를 따라 순환하면서 반복적으로 증폭되는데, 광섬유 증폭기에서의 증폭 이득이 루프 전체의 손실과 같아지면, 레이저로서 발진이 이루어진다. 여기서, 루프 전체의 손실이라 항은, 두 개의 광섬유 결합기에서 분할로 인한 손실, 가변 광감쇄기에서의 손실 및모든 광섬유 연결 부위의 접속 손실을 포함하여 발진광이 겪는 총손실을 의미한다.

일반적으로, 광섬유 증폭기는 정상상태(steady state)에서 동작하게 되는데, 정상상태의 경우에 레이저 발진은 증폭 이득이 후프 전체의 손실과 같은 크기에 묶여(clamping)고정된 채로 이루어진다. 일단 광섬유 증폭기가 광섬유 격자의 브라그 파장에 의해 레이저로서 발진하게 되면, 균질 분광선 형태(homogeneous spectral lineshape)를 가지는 에르븀 원소의 분광학적 특성으로 인하여 분광선 내의 다른 파장(신호광 파장)에 대해서도 이득이 특정한 값에 묶여 고정된다. 따라서, 정상상태로 동작하는 경우에 광섬유 증폭기가 발진하는 한도 내에서는 입력 신호광 레벨이나 펌프장 파워 레벨이 변화하더라도 신호광 파장에 대한 이득이 변화하지 않고일정하게 유지된다.

한편, 가변 광감쇄기(208)를 이용하면 루프의 손실을 조절할 수 있는데, 레이저 발진시에 이득은 손실과 같은 크기에서 묶여 고정되므로 가변 광감쇄기를 조절하여 루프의 손실을 증감시키면 광섬유 증폭기의 동작이득도함게 증감된다. 따라서, 가변 광감쇄기(208)로써 광섬유 증폭기의 동작 이득을 제어할 수 있으며, 제2도에서두 개의 광섬유 결합기(201,206)중 어느 하나를 광파워 분할 비율을 변화시킬 수 있는 가변형 광섬유 결합기(tunable fiber coupler)로 대체하면 광감쇄기를 사용한 것과 마찬가지로 광섬유 증폭기의 동작 이득을 제어할수 있다.

제4도는 이득 제어형 에르븀 첨가 광섬유 증폭기의 핵심이 되는 본 발명에 따른 발진루프의 기본 구성도이다. 발진광은 광섬유 격자(405)에서 반사되며, 반사광의 일부가 제4도에 도시된 바와 같이 제1광섬유 결합기 (404)를 거쳐 루프 경로(406)를 따라 제2광섬유 결합기(401)로 들어간 후 다시 에르븀 첨가 광섬유로 입사되 어 광섬유 증폭기 내로 루프 귀환됨으로써 발진에 기여한다. 한편, 증폭된 신호광은 신호광 파장에서 광섬유 격자의 반사율이 거의 0이므로, 광섬유 격자에서 반사없이 투과하여 출력단으로 나오게 된다.

이러한 귀환 루프의 구성에서 광섬유 격자는 증폭된 자연 방출광의 일부를 광섬유 증폭기로 귀환시켜 발진이 이루어지도록 함과 동시에, 발진광이 신호광과 함께 출력단으로 나오는 것을 차단하는 기능을 수행한다.

제5도는 본 발명에 따라 귀환 루프를 이룬 에르븀 첨가 광섬유 증폭기와 귀환 루프를 이루지 않은 종래의 에르븀 첨가 광섬유 증폭기에서 입력 신호광의 파워 변화에 따른 증폭 이득 변화를 측정하고, 그 결과를 나타낸 그래프이다.

제5도의 그래프에서

[IMAGE 2] 은 가변형 광감쇄기(208)에서의 광손실이 무한대가 되도록 조절한 경우, 즉 귀환 루프가 형성되지 않은 경우의 이득 변화를 나타낸 것이다. 귀환 루프가 이루어지지 않은 경우에는 통상적인 광성유 증폭기와 차이가 없으며, 입력 신호광 파워가 증가함에 따라 이득이 감소하는 특성을 나타낸다.

이와 비교하여 제5도의 그래프에서

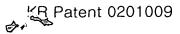
[IMAGE 3] 와

[IMAGE 4] 는 귀환 루프가 형성된 경우의 이득 변화를 나타내는데, 각각 가변 광감쇄기를 이용하여 루프 손실을 크게 한 경우(루프 손실 23 dB)와 작게 한 경우(루프 손실 20 dB)에 해당한다. 각 경우에 대하여 제5도에서 볼 수 있는 바와 같이, -12dBm과-8dBm보다 작은 입력 신호광 파워 범위에서 각각 발진하게 되는 데, 일단 발진이 이루어지면 이득은 입력 신호광의 파워의 변화에 무관하게 일정한 값에 고정되어 유지된다. 이때, 펌프광의 파워 변화가 있더라도 이 광섬유 증폭기가 발진하는 한 이득은 변화하지 않는다. 루프 손실을 크게 한 경우에는 루프 손실이 작은 경우에 비하여 이득이 큰 상태에서 고정되어 동작하게 된다. 그러나, 이 경우에 제5도에서 볼 수 있는 바와 같이 이득을 감소시킬 수 있는 입력 신호광의 파워의 손실은 감소된다.

제6도는 비교적 저속(약 10kbps)으로 변조된 디지틀 입력 광신호를 종래의 통상적인 에르븀 첨가 광섬유 증폭기와 본 발명에 따라 발진 루프를 포함하는 이득 제어형 광섬유 증폭기에 입력하여 출력 신호광의 출력 파형 변화를 비교하고, 그 결과를 나타낸 것이다.

제6도에서 볼 수 있는 바와 같이, 통상적인 에르븀 광섬유 증폭기에서는 비교적 저속(약 10kbps)으로 변조된 디지틀 입력 광신호가 입력된 경우에, 신호가 1이 되는 순간에는 이득이 크나, 신호가 '1'인 상태가 지속되는 동안에는 에르븀 원소의 반전밀도 감소에 의해 이득이 점차 감소하므로, 증폭된 출력 파형에 왜곡이 생겼다. 그러나, 본 발명에 따른 이득 제어형 루프 광섬유 증폭기에서는 매 순간 이득이 일정한 값으로 유지되므로 출력 파형에 왜곡이 발생하지 않는 것으로 나타났다.

이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명의 발진루프는 브라그 파장에서 최대 반사율을 가지며, 그 외의 파장에서는 반사율이 거의 0인 반사 특성을 갖는 광섬유 격자 또는 이와 동일한 투과/반사 특성을 갖는 유전체 박막 필터를 단지 1개만 사용함으로써 간단하고 저렴하게 구성할 수 있으며, 본 발명의 발진 루프를 포함하는 이득 제어형 에르븀 첨가 광섬유 증폭기는 증폭 이득을 입력 신호광의 파워 변화나 펌프광의 파워 변화에 무관하게 일정한 값으로 안정하게 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 저속 변조된 신호의 증/폭시에 파형 왜곡을 최소화할 수 있다.



Claims



청구항 1항

신호광 입력단촉의 제2광섬유 결합기(201,401)와 광 아이슬레이터(202,402)를 거쳐 입사된 입력 신호광을 증폭시키기 위한 에르븀 첨가 광섬유; 전기 에르븀 첨가 광섬유에서 증폭되어 출력단촉의 광 아이솔레이터 (205,403)와 제1광섬유 결합기(206,404)를 거쳐 방출되는 자연방출광의 일부를 파장선택적으로 에르븀 첨가 광섬유로 귀환시키고, 발진광이 신호광과 함께 출력단으로 나오는 것을 차단하는 두 가지 기능을 함께 수행하기 위한 반사형 필터 수단으로서 신호광 출력단에 인접하여 위치한 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터 (207,405); 상기 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터(207,405)에서 반사되어 뒤돌아 오는 발진광을 분할하기 위하여 신호광 출력단측의 광 아이솔레이터(205,403)와 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터(207,405) 사이에 위치한 제1광섬유 결합기(206,404); 상기 신호광 출력단측의 제1광섬유 결합기(206,404); 상기 신호광 출력단측의 제1광섬유 결합기(206,404)와 신호광 입력단측의 제2광섬유 결합기(201,401) 사이에 루프 손실 조절수단으로서 가변 광감쇄기(208)를 포함하는 루프 형태의 루프 경로(209,406); 및, 상기 루프 경로(209,406)를 따라 상기 광섬유 격자 또는 유전체 박막 필터(207,405)으로 부터 뒤돌아 온 발진광을 다시 에르븀 첨가 광섬유로 입사시키기 위하여 신호광 입력단축의 광아이솔레이터(202,402) 이전의 위치에서 루프 경로(209,406)와 연결된 제2광섬유 결합기(201,401)를 포함하는 에르븀 첨가 광섬유 증폭기용 발진 루프.

청구항 2항

제1항에 있어서, 전기 제1 또는 제2광섬유 결합기 중 어느 하나를 광파워 분할 비율을 변화시킬 수 있는 가변형 광섬유 결합기로 대체한 것을 특징으로 하는 에르븀 첨가 광섬유 증폭기용 발진 루프.

청구항 3항

제1항의 발진루프를 포함하는에르븀 첨가 광섬유를 이용하여 증폭이득을 제어하는 방법.

THIS PAGE BLANK (USPTO)